

中药资源发展存在的问题与对策

孟祥才¹, 杜虹韦^{1,2}, 魏文峰², 霍金海²

1. 黑龙江中医药大学, 黑龙江 哈尔滨 150040

2. 黑龙江省中医研究院中药研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036

摘要: 随着人口增加, 中药野生资源逐渐枯竭, 已远远不能满足人类需要, 栽培药材成为市场的主要来源, 导致了多种药材质量严重下降, 对我国具有几千年历史的传统中医药产生严重威胁。栽培是解决资源短缺的最基本、有效的手段, 提高栽培中药材质量是解决这一问题的关键。对目前中药材生产现状进行分析, 指出了栽培药材生产过程中存在的盲目扩大种植区域、缺乏对优质种质资源的重视、优质生产技术缺乏等问题, 并提出了提高栽培药材质量和产量的思路。中药材栽培应优化种植区域、规范培育优良种质、改善优质药材生产技术、扩大中药应用市场, 在提高药材质量和产量的前提下, 进一步弘扬我国传统文化。

关键词: 中药资源; 药材质量; 产地区划; 生物调控; 资源开发

中图分类号: R282.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)16-3735-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.16.002

Problems and countermeasures in development of Chinese materia medica resource

MENG Xiang-cai¹, DU Hong-wei^{1,2}, WEI Wen-feng², HUO Jin-hai²

1. Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China

2. Institute of Chinese Materia Medica, Heilongjiang Academy of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150036, China

Abstract: With the increase in population and depletion of resources, the wild resources of Chinese materia medica are not enough to meet the demand of human, so the cultivated resources become a major source, resulting in severe degradation of herbal medicine quality. It poses a serious threat to traditional Chinese medicine with thousands of years of history. The cultivation is the most basic and effective means to solve the shortage of resources, and improving the quality of the cultivated medicinal materials is the key to deal with this problem. In this paper, the current production and developments of herbal medicine were discussed, the problems of blindly expanding planting area, lack of enough attention to germ plasm resource and advanced production technology were prevalent. The idea of improving the quality and yield of cultivated medicinal materials was put forward. On the premise of improving the quality and yield of medicinal materials, the cultivation of Chinese medicinal materials should optimize the planting area, standardize the cultivation of fine high-quality germplasm, improve the production technology of high-quality medicinal materials, and expand the application market of Chinese materia medica to expand Chinese traditional culture.

Key words: Chinese materia medica resource; quality of Chinese medicinal materials; production compartment; biological regulation; resource development

中药资源关乎民生、社会稳定、生态环境保护 and 新兴战略产业发展, 是集生态资源、医疗资源、经济资源、科技资源以及文化资源为一体的国家战略性资源。中医药具有几千年的应用历史, 清朝以前中国人口仅为 0.5 亿~1 亿, 野生药材资源基本可以满足人类需要。清朝以后人口开始迅速增长^[1],

1933 年达到 4.4 亿, 20 世纪 60 年代以后人口增长更为迅速, 由当时的 7 亿增至目前 14 亿。人口增加必然扩大生活空间, 缩小野生药材生长空间, 更重要的是人口增加导致药材需求量的急剧增长, 最终导致了野生药材的严重缺乏, 20 世纪 50 年代以后多种中药材开始走向规模化栽培并逐渐成为中药材

收稿日期: 2018-02-01

基金项目: 中医药公共卫生专项(财社[2012]13号)

作者简介: 孟祥才(1967—), 男, 教授, 主要从事药用植物生物学及栽培的研究。E-mail: mengxiangcai000@163.com

商品的主流^[2]。“药要搞不好，医也好不了”，中医药界人士对中医药的未来前景产生忧虑，药材质量应优化种植区域、规范培育优良种质、改善优质药材生产技术、扩大中药应用市场，在提高药材质量下降是亟需解决的问题。作为中药产业的根基，如何开发利用中药资源是当今社会面临的一个新问题。为此，本文对中药资源未来发展进行探讨，提出了提高栽培药材质量和产量的思路。中药材栽培应优化种植区域、规范培育优良种质、改善优质药材生产技术、扩大中药应用市场，在提高药材质量和产量的前提下，进一步弘扬我国传统文化。

1 合理区划中药材产地

一种药材其产地分布通常是较广的，但是不同产地由于气候条件等差异，种植药材的产量和质量也存在较大的差异，因此产生了中国药材生产区划。20 世纪 80 年代，我国进行了第 3 次全国中药资源普查，从区域层面将我国中药资源划分为东北区、华北区、华东区、西南区、华南区、内蒙古区、西北区、青藏区以及海洋区 9 个中药区及所属的 28 个 2 级区^[3]。陈士林^[4]借助地理信息系统，根据植物的不同特性，从药材品种层面对中国主要的 210 种中药材的产地进行了区划，对中药材的成功引种提供了理论指导。张小波等^[5]从适宜种植区域、优质药材种植区域等更宽阔的角度对青蒿等药材的生产区化进行了研究。由于研究对象、目的和方法等的差异，中药区划可划分为不同的类型。中药材的分布、数量和品质等是区划工作关注的重点，黄璐琦将单味药的区划类型归纳为分布区划、生长区划、品质区划和生产区划 4 种类型。

1.1 中药材产地与产量

产地影响药材质量，但调查发现真正具有明显地域性的道地药材并不多^[6]，质量和产量是道地药材形成的核心^[7]，对于一些环境对质量影响较小的中药材来说，产量对主产区或道地产区的形成具有决定意义。

常用中药材中根类药材占有很大比例，然而对于这类药材来说，其基原植物的生长具有明显的年周期，每年秋季地上部分死亡，第 2 年春季依靠根部贮存的营养重新发芽，重新长出地上部分，地上部分年复一年地重复生长，很多光合产物用于地上部分生长消耗。研究表明，秋季 4 年生人参干质量为 3.90 g/株，转年 5 月份依靠根部积累的营养开始

萌发生长地上部分，此时质量不断下降，至 7 月中旬地上部分茎和叶的干质量已达 3.17 g/株，几乎是 4 年根部的质量，可见地上部分消耗光合产物数量之大，而地下部分的干质量仅为 3.58 g/株，仍不足萌发前的质量^[8]。7 月以后人参茎叶的数量和质量不再增长，此时光合产物基本用于根的生长，7 月中下旬至 9 月 20 日的 2 个月时间内根质量可由 3.58 g/株增至 7.63 g/株，因此，人参根是 8 月后才生长的。既然如此，随之而来又会提出新的问题，如果产地无霜期或生长期延长 1 个月，就相当于人参根部生长由 2 个月延长至 3 个月，理论上产量就会提高 50%。北柴胡经过 4 个月的生长根产量仅 0.73 g，5 个月后可达 1.42 g^[9]也充分证明了这一点。由于药材生产成本主要为种子、播种和采收环节，延长的生长期几乎不增加生产成本，所以无霜期或生长期对经济效益有着极其重要的影响。黄芪、甘草、党参、丹参、柴胡、当归、大黄、桔梗、怀地黄、怀山药、怀牛膝、黄芩、知母、北沙参、秦艽、瓜蒌等我国北方近 20 种药材分布较广，甚至达到我国最北端，但稳定的主产区均是我国北纬 35°~40°间一熟区-复种区交界区域^[10]。因此，仅仅依据野生资源分布选择中药材种植的品种具有很大的片面性。当地的野生药材分布，只能证明在该地能够种植成活，并不能保证获得理想的经济效益，药材种植要以经济效益和药材质量为核心。由于一些药材的质量与产地关系不大^[6]，对于这类药材获得较高的产量是种植成功的关键。

目前，中药材种植进入一个高潮阶段，同一药材品种在不同省份、不同地区大规模开展，应该引起广大种植者和政府部门的高度关注。各地要根据当地的农业生产条件、特点、布局现状和存在的问题，因地制宜，为当地药材生产发展及其建设途径指明方向。

1.2 中药材产地与质量

我国自唐代开始就已经认识到了药材质量与产地的关系，以后历代本草著作中均记载了药材的最佳产地，目前产地影响药材质量已经成为共识，自古以来，道地药材无论是在医家还是在患者都寄以相当高的评价和信誉。明确优质药材的最佳产地是中药资源开发的重要基础，为此目前进行了大量的药材产地与质量关系的研究。截止 2017 年 11 月，可检索到 3 400 余篇关于不同产地药材质量分析的论文。可见不同栽培产地对药材质量有着明显的影

响,中药材栽培应确定适宜的产地,不能盲目引种,扩大种植区域。

1.3 产地的产量和质量优势是决定药材主产区形成的根本

目前我国年产玉米 200 亿吨、大米 14 亿吨左右,而药材年需求量多数品种不足万吨,需求量较大的也仅为几万吨。除极个别药用植物外,植物通常都具有较大的适应范围,如果以能否种植成活为标准,大范围种植必定造成产量严重过剩,就会存在很大的经济竞争。“优胜劣汰,适者生存”,在激烈市场竞争条件下必须要体现产地的优势,要么高产,要么优质,或二者兼顾,以高产增效益,以优质拓市场。产量较低的生产区或劣质药材的生产区就会被市场所淘汰,所以不同地区选择药材的种植品种一定要结合自身的生态条件,将优产作为适合种植的评价标准。事实证明,栽培历时较长的药材品种都并非大范围多省种植,而是形成了一个稳定且规模较大的主产区,如文山的三七、河南的地黄、四川的川芎、甘肃的当归等。回顾美国农业区划发展历史,可发现以下的基本轨迹:资源考察阶段→自然区划阶段→农业区划阶段→经济区划阶段^[11]。对于中药材种植来说,已经完成了自然区划阶段,全国各地都已开始不断探索中药材的种植,一个合理的经济区划正在进行。产地对中药材产量和质量有着重要影响,中药材的经济区划可将适宜区域又分为若干区域,优中选优,实现药材的高产和优质。

2 优化中药材种质

影响中药材质量的因素主要有种质、环境、生产技术和采收加工等环节。其中种质是影响药材质量的最重要因素之一,主要是药材基原过多和品种选育推广滞后,制约栽培药材质量的提高。

2.1 基原对药材质量的影响

植物对强光、干旱等逆境只能是被动的“适应”,依靠正常生理代谢以外的次生代谢产物增强物种在逆境条件下的适应能力^[12],使生存空间得以扩大,而这些次生代谢产物通常为中药的药效成分,所以植物药的质量与环境有着密切关系。同属不同种植物的生态位是不同的,对环境的反应也会存在差异,所以同属不同物种的次生代谢产物也会存在很大差异。在《中国药典》中多基原药材多达 100 余种,但绝大多数药材来源于同属不同种植物。物种是生物分类学的基本单位,并在自然界占据一定的生态位,同属不同植物的生态习性也存在很大的差异,

因此它们对环境的适应能力和方式也是不同的,形成的药材质量也会不同。

药材多基原现象具有悠久的历史,造成这一现象的主要原因有 3 个:(1)古代对植物的分类比较模糊。瑞典科学家林奈在 1753 年建立了动植物命名的双名法前,世界上成千上万的植物没有统一的名称,往往同一种植物有几个名称,或几种植物用同一个名称,这给植物研究带来很大困难。中药具有几千年的应用历史,历史上同名异物、同物异名现象相当普遍。人参是最著名的中药,尽管其植物形态特征明显,然而通过本草考证发现古代人参用药也十分混乱,甚至存在桔梗科党参^[13]。同属植物形态相近,古代学者采用文字或图来描述其形态,但很难准确将其加以区分,不可避免产生基原混杂的现象。如白及包括白及属的白及和百合科黄精属植物^[14];白蒿在不同历史时期曾包括艾、艾邻近种、大籽蒿等^[15];白芍原植物除芍药外,尚有毛果芍药及多种变种^[16]等。(2)不同社会生产力条件的需要。古代社会发展水平相对落后,特别是交通极不发达,道路不畅,边远地区甚至采用“马帮”或“牛帮”,运力十分有限,道地产区药材向外地运输十分困难,成本极高,采用疗效较低,但功用相同的替代品可以“就地取材”,这种生产方式也必然会成为当时低生产力条件下的历史产物。(3)原有优质基原资源枯竭。造成主流品种发生改变的主要原因是原有优质基原野生资源濒临枯竭,不得不寻找新的替代品。

对于植物药来说,基原不同会对药材质量产生很大的影响。如山药的基原为薯蓣 *Dioscorea opposita* Thunb., 道地产区在河南,在广西引种褐苞薯蓣 *D. persimilis* Prain et Burkill 栽培后,形成了另外一个主产区;威灵仙有 3 个基原,分别是威灵仙 *Clematis chinensis* Osbeck、棉团铁线莲 *C. hexapetala* Pall. 或东北铁线莲 *C. manshurica* Rupr., 3 种植物均供药用,但东北铁线莲质量最佳;龙胆有 4 种植物基原,建国前的主流品种为质量最好的产自北方的条叶龙胆 *Gentiana manshurica* Kitagawa,而产于南方的滇龙胆 *G. rigescens* Franch. 虽然质量最差,但以其高产优势,占据大部分市场;同样还有质量最佳的黄连为“雅连”(三角叶黄连 *Coptis deltoidea* C. Y. Cheng et Hsiao),市场主导品种则为“味连”(黄连 *C. chinensis* Franch.);产自浙江的麦冬 *Ophiopogon japonicus* (Linn. f.) Ker.-Gawl. 被产自湖北的湖北麦冬 *Liriope spicata*

(Thunb.) Lour. 所代替等, 这些劣质基原药材进入药材市场必然导致药材质量下降^[7]。随着科技的快速发展, 各种中药材基本实现了野生变家种, 而且种植技术越来越成熟。随着社会的快速发展, 交通运输业也不断快速发展, 即使是远距离运输成本也很低。这种情况下, 可以对药材的基原进一步优化, “去伪存真、优胜劣汰”, 采用一个优质物种, 实现“一药供全国”的理想目标, 从而提升药材质量。

2.2 品种对药材质量的影响

在农业领域中, 对社会贡献最大的研究领域莫过于遗传育种了, 遗传育种的目的是通过抗病、抗逆等途径获得高产、优质的新品种。药用植物从山林、草地走向田间, 一些具有新性状个体很容易显现出来, 通过人工选择必然会出现一些新的品种。川芎是常用大宗中药材, 然而却未发现野生植物, 通过研究认为其可能来源于藁本 *Ligusticum sinense* Oliv.^[17]。白芷和牛膝的野生种的根不能作中药白芷和牛膝用^[18], 这些都可能是在长期栽培过程中选育的结果。元胡(延胡索)的原植物野生于东北等地^[19], 在浙江长期栽培后, 形成了特有的变种 *Corydalis turtschaninovii* Bess. f. *yanhusuo* Y. H. Chou et C. C. Hsui, 且成为元胡商品的基本来源。这些都显示了品种选育对中药材产量和质量的影响。随着中药材种植开发的深入, 更多新品种不断涌现, 青蒿、丹参、黄芩等培育的新品种可使产量提高 10%~50%。有些药材新品种可使主要活性成分提高 50%左右等^[20]。

野生植物遗传多样性丰富, 在形态、生理、生化上表现出各种差异, 也会导致药材质量的差异。研究表明, 毒花毛地黄植株个体间毒花毛地黄苷 C 含量可相差 6 倍之多^[21], 条叶龙胆不同植株间龙胆苦苷含量可相差 1 倍^[22]。选育出适合当地生产的优质高产新品种是中药资源发展的重要保证。野生资源是多种类型的混合体, 药材走向栽培后, 使优质种质推广成为可能。优质种质的选择推广可在某种程度上弥补栽培药材质量的降低。

3 提高栽培药材的质量

环境是影响药材质量的最重要因素之一, 提高栽培药材质量主要有以下几方面途径。

3.1 在道地产区种植相应的中药材

环境能够影响中药材的质量, 同一种植物在不同环境下会产生不同的性状, 如防风在土壤水分含量较高或肥力较好时通常会产生较多支根, 活性成

分含量较低, 而生长在干旱草原或沙漠地带的防风药材质量较佳。在干旱条件下防风则表现为“直根、菊花心、体轻、质松、易折断、有裂隙”等性状, 这些性状实质是药材在干旱生长环境下的直观体现, 逆境促进药材质量形成, 所以古人在长期的医疗实践中将性状作为评价中药质量的重要指标是具有很大的合理性和科学性的, 这些经验是中医药健康发展的宝贵财富, 一直沿用至今。中药材由野生走向栽培后, 尽管种植区域很大, 但道地产区的自然条件仍会有利于获得更为优质的中药材。

3.2 规范化、规模化栽培中药材

2003 年 6 月我国开始正式实施了《中药材生产质量管理规范》(GAP), 从品种选择、种植区域选择、栽培技术(种子处理、整地、施肥、灌溉、种植密度、中耕除草、病虫害防治等)、采收时间、加工技术等各个环节对生产进行规范, 以保证药材质量的稳定。根据当地的自然条件、确定适宜的品种、选择适宜的种质、采用先进的生产技术, 从而进一步扩大生产规模, 实现药材生产的规模化。实现规范化和规模化可保证药材的优质和质量的稳定可靠。

3.3 药材质量的化学调控

植物药的主要有效成分基本是次生代谢产物, 次生代谢产物的生态作用就是抵御外界不良的生态胁迫^[23], 植物体内合成这类化学成分通常消耗较多的能量^[24], 在适宜条件下大量合成造成能量浪费, 植物在逆境条件下合成较少或不合成也会使植物难以生存, 所以在长期进化过程中通过“优胜劣汰”, 保留了只有在逆境条件下才大量合成次生代谢产物的机制, 表现上表现为环境的诱导作用, 所以药材的道地产区通常为植物的次分布区, 产生“边缘效应”^[25]。从上述研究可以看出, 药材质量的形成是通过增加次生代谢形成的, 那么能否在适宜条件下保证药材的产量, 再通过人为调节, 促进植物的次生代谢, 从而提高药材的质量也是中药资源学重点努力方向^[26]。

近年提出的“活性氧促进道地药材质量形成的假说”指出植物在逆境条件下可产生大量的活性氧(ROS), 而 ROS 可使植物的代谢发生改变^[27]。根据生态环境对次生代谢影响的本质, 人为干预细胞的代谢可以使药材的质量得到提高。黄芩道地产区的黄芩中黄芩素含量较高, 黄芩素和汉黄芩素由于极性较小, 在胃、小肠及结肠中极易吸收, 它们的生物利用度几乎是苷类的 7~10 倍, 从而表现出更

强的活性^[28]。采用 H_2O_2 处理黄芩, 活性较高的甙元类成分黄芩素的质量分数由 0.094% 升高到 0.324%, 汉黄芩素质量分数由 0.060% 升高到 0.110%, 分别比对照提高了 246% 和 83.3%^[29]。采用 H_2O_2 处理五味子, 五味子醇甲、五味子醇乙、五味子甲素、五味子乙素、五味子丙素的含量最高比对照组分别提高了 26.6%、26.5%、37.8%、16.8% 和 27.3%^[30]。

植物生长调节剂是用于调节植物生长发育的一类农药, 包括人工合成的具有天然植物激素相似作用的化合物和从生物中提取的天然植物激素。现已发现具有调控植物生长和发育功能物质主要有生长素、赤霉素 (GA_3)、乙烯、细胞分裂素 (6-BA)、脱落酸、油菜素内酯、水杨酸、茉莉酸、多效唑 (PP_{333}) 和多胺等。它们不仅可以调控植物的生长, 提高产量, 而且可以显著提高药材的质量。10 mg/L 6-BA 可以显著提高艾纳香挥发油的含量, 50 mg/L 6-BA 和 10 mg/L DA-6 可以提高艾纳香总黄酮的含量, 而 150 mg/L 可以使艾纳香显著增产, 并有助于左旋龙脑含量的增加^[31]。25、100、500 mg/kg 的 NAA 可提高移栽防风根中 4 种色原酮类活性成分的含量, 其中 500 mg/kg NAA 对 4 种色原酮总含量可提高 22%^[32]。 GA_3 能显著提高石斛总生物碱的含量^[33]。由此可见, 植物生长调节剂能够提高多种次生代谢产物的含量。

选择道地产区种植药材是利用原有的生态条件, 在栽培条件下追求产量是人们的目标, 而获得高产必须为植物创造一个适宜生长的生态环境, 而一些药材的优质是在生态胁迫的条件下形成的, 这是一个不可调和的矛盾, 因此在栽培条件下药材的质量很难达到野生水平。采用规范化种植技术可以保证药材的质量稳定, 施肥、种植密度、采收加工等环节可以提高药材质量, 但是也会同样面临高产与优质兼顾的问题。采用化学调控可在短时间内实现次生代谢产物的快速提高, 细胞学研究证据表明, 40 °C 处理金丝桃细胞 10 min 可诱发其中金丝桃素的生物合成^[34]; H_2O_2 处理可提高药材质量^[29-30]。因此化学调控在未来具有广阔的应用前景。

然而, 化学调控能否会产生药材农药残留或其他副作用问题是值得关注的。笔者认为化学调控是安全的。其一, ROS 和植物生长调节剂的使用是微量的, 而且使用后也会在植物体内降解。其二, 采用的植物生长调节剂虽然属于激素类农

药, 但植物类激素和人类激素是完全 2 类不同的化学物质, 植物生长调节剂不会影响人类的生长发育。其三, 药用植物使用生长调节剂后生长得到改善, 虽然药材性状发生改变, 但并不意味着药材的质量降低。性状的确是评价药材质量的重要指标, 它是中医药发展历史经验总结, 但是化学调控是现代新技术, 采用传统的评价方法评价这类药材的质量也是不科学的。其四, 化学调节剂的种类很多, 仅有极个别种类有害处。丁酰肼 (B9) 等有些生长调节剂的确对人体有害, 应该禁止使用。很多人将中药材质量下降的原因归结于大量化肥和农药的使用, 但笔者认为中药有效成分含量降低是导致中药疗效降低的原因, 而不是化肥和农药。中药发挥药效的物质基础是其所含的有效成分, 有效成分含量高药效也就会高, 农药并非是药材质量下降的根本症结, 优质中药材的生产研究应重视化学调控的作用。

4 深入挖掘中药资源的应用潜力

随着现代科技的发展, 中药材来源已由野生转为栽培, 这一转变完全实现了中医的“温饱”, 资源短缺也不再是制约中医药发展的关键问题。药材使用量基本是由社会需求决定的, 中药材应用是限制中药资源开发的瓶颈。在中药资源供给完全保障的情况下, 应进一步充分挖掘我国传统文化宝库, 从而促进中药资源的进一步发展。

4.1 中药配伍

中药从单味药到配伍应用, 是通过长期的实践与认识过程, 逐渐积累丰富起来的。方剂学是研究治法与复方配伍规律及临床运用的一门学科, 中药材通过合理配伍增强疗效、减轻或消除原有的毒性或副作用, 因此, 中医治病通常采用多味药组成的方剂。研究证明同一中药在不同配伍环境下在体内的直接作用物质不同, 从而实现药效的配伍取向。关黄柏在单独给药及在知柏地黄丸等方剂配伍环境下其体内成分差异较大, 在方剂配伍条件下关黄柏进入体内后以黄柏内酯、黄柏酮、木兰碱及相关的代谢产物为主, 而非目前作为关黄柏质量检测成分的小檗碱及巴马汀^[35]。在茵陈蒿汤的研究中, 分析鉴定了血清中 21 个成分, 其中 8 个利胆保肝成分只有在全方配伍条件下才能被选择性吸收并表现出良好的体内动态^[36-37]。

现代科技不断应用于中药资源开发中, 通过化学成分发现、从近缘物种中开发新的药用资源等途

径,越来越多新资源得以发现,如返魂草、刺五加、水飞蓟等,但是这些新资源的开发都是以单味药的形式使用,如果将这些药材应用于传统方剂配伍中,就可能产生更高的疗效,甚至扩大应用范围,从而促进中药资源的进一步发展。

4.2 保健品开发

从进化论的角度分析,生物与环境是高度统一的。随着科技的迅速发展,人类的生活方式发生了根本性变革,人们不必为衣食奔波劳累,运动量减少,肉食供给增加,植物源食物减少,饮食结构发生改变,由此产生了亚健康问题。据世界卫生组织经过调查,健康人群仅占人群总数的5%,被确诊患有各种疾病的人群占人群总数的20%,处于健康与疾病之间的亚健康状态的人群约占人群总数的75%。保健品的开发一直是中药资源研究的重点内容,在当今形势下从植物资源中开发新的保健品具有巨大的潜力。

5 结语

科技的发展和进步,种植技术和机械化水平不断提高,植物类药材几乎全部可以实现栽培,因此,中医“无米可炊”不再是中医药界的关键问题,中医药关键问题是“用好药”。通过优化种植区域、规范培育优良种质、改善优质高产生产技术、扩大中药应用市场是目前中药资源开发亟待解决的问题。

参考文献

- [1] 梁方仲. 中国历代户口、田地、田赋统计 [M]. 北京: 中华书局, 2008.
- [2] 孟祥才, 黄璐琦, 张小波, 等. 中药资源学 [M]. 北京: 中国中医药科技出版社, 2017.
- [3] 中国药材公司. 中国中药区划 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [4] 陈士林. 中国药材产地生态适宜性区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] 张小波, 郭兰萍, 黄璐琦. 我国黄花蒿中青蒿素含量的气候适宜性等级划分 [J]. 药学学报, 2011, 46(4): 472-478.
- [6] 郭宝林. 道地药材的科学概念及评价方法探讨 [J]. 世界科学技术—中药现代化, 2005, 7(2): 57-61.
- [7] 孟祥才, 陈士林, 王喜军. 论道地药材及栽培产地变迁 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(13): 1687-1692.
- [8] 刘兆荣, 李淑琴, 孙艳君, 等. 人参干物质积累与分配的动态变化 [J]. 特产研究, 1994(4): 32-35.
- [9] 魏建和, 陈士林, 魏淑秋, 等. 北柴胡适生地分析及数值区划研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2005, 7(6): 125-129.

- [10] 孟祥才, 黄璐琦, 陈士林, 等. 论中药材栽培主产区的形成因素及栽培区划 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(21): 3334-3340.
- [11] 聂 闯. 美国农业区划及作物布局 [J]. 世界农业, 1997(11): 6-8.
- [12] 王亚星, 臧 埔, 马琳, 等. 药用植物次生代谢影响因素研究进展 [J]. 中国医药生物技术, 2011, 6(4): 291-294.
- [13] 何永明. 人参本草史考源 [J]. 中成药, 2001, 23(5): 384-387.
- [14] 孙乐乐, 杨永红, 刘军凯, 等. 白及的本草考证 [J]. 中药材, 2010, 33(12): 1965-1968.
- [15] 梅全喜. 白蒿的本草考证 [J]. 中药材, 1995, 18(11): 584.
- [16] 李雪莲, 来平凡. 白芍品种的本草学研究及现代实验研究 [J]. 亚太传统医药, 2008, 4(5): 36-38.
- [17] 单 锋, 郝近大. 川芎(芎藭)的本草源流考 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(16): 2306-2308.
- [18] 胡世林. 道地药材与中药标准化 [J]. 亚太传统医药, 2005(1): 39-42.
- [19] 武建国, 辛振声. 延胡索(元胡)源考 [J]. 中药通报, 1987, 12(12): 11-14.
- [20] 孟祥才, 曹伍林, 宋 琦, 等. 谈种质在中药资源开发中的意义 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(1): 29-32.
- [21] 肖小河. 中药材品种变异的生态生物学探讨 [J]. 中草药, 1989, 8(20): 42-46.
- [22] 关 旸, 王 臣, 李业欣, 等. 栽培条叶龙胆根中龙胆苦苷含量差异的研究 [J]. 植物研究, 2004, 24(2): 184-186.
- [23] Simontacchi M, Galatro A, Ramos-Artuso F, et al. Survival in a changing environment: The role of nitric oxide in plant responses to abiotic stress [J]. *Front Plant Sci*, 2015, 63(6): 260-268.
- [24] Gershenzon J. Metabolic costs of terpenoid accumulation in higher plants [J]. *Chem Ecol*, 1994, 20(6): 172-176.
- [25] 黄璐琦, 陈美兰, 肖培根. 中药材道地性研究的现代生物学基础及模式假说 [J]. 中国中药杂志, 2004, 29(6): 494-497.
- [26] 黄璐琦, 郭兰萍. 中药资源生态学研究 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
- [27] 孟祥才, 王喜军. 活性氧促进道地药材质量形成的假说及其探讨 [J]. 中草药, 2011, 42(4): 799-804.
- [28] 刘太明, 蒋学华. 黄芩苷和黄芩素大鼠在体胃、肠的吸收动力学研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(12): 999-1001.
- [29] 付晓莹, 郭慧敏, 丛 薇, 等. 外源H₂O₂对黄芩次生代谢调控及道地质量形成机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(2): 281-287.

- [30] 郭慧敏, 丛薇, 付晓莹, 等. H_2O_2 对五味子鲜果次生代谢影响及机制研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2018, 41(3): 543-547.
- [31] 顾岑, 王华磊, 赵致, 等. 植物生长调节剂对苗药艾纳香产量和品质的影响 [J]. 中药材, 2017, 40(5): 1040-1043.
- [32] 孟祥才, 孙小兰, 孙晖, 等. 侧根对防风药材质量影响机理及生长调节剂应用的研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2008, 10(5): 68-71.
- [33] 陈仕江, 张明, 李泉森, 等. 植物生长调节剂对金钗石斛药用化学成份的影响 [J]. 重庆中草药研究, 2001, 31(1): 29-31.
- [34] 徐茂军, 董菊芳, 张新波. NO 和 H_2O_2 在介导热激诱发金丝桃细胞合成金丝桃素中的信号互作 [J]. 中国科学 C, 2008, 38(7): 643-653.
- [35] Wang H, Sun H, Zhang A, *et al.* Rapid identification and comparative analysis of the chemical constituents and metabolites of *Phellodendri amurensis* cortex and Zhibai Dihuang Pill by ultra-performance liquid chromatography with quadrupole TOF-MS [J]. *J Sep Sci*, 2013, 36(24): 3874-3884.
- [36] Wang X, Sun W, Sun H, *et al.* Analysis of the constituents in the rat plasma after oral administration of Yin Chen Hao Tang by UPLC/Q-TOF-MS/MS [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2008, 46(3): 477-487.
- [37] 王喜军, 孙文军, 孙晖, 等. 茵陈蒿汤不同配伍变化对大鼠血中移行成分的影响 [J]. 中国天然药物, 2008, 6(1): 43-47.